

(12) NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES
PATENTWESENS (PCT) VERÖFFENTLICHTE INTERNATIONALE ANMELDUNG

(19) Weltorganisation für geistiges Eigentum
Internationales Büro



(43) Internationales Veröffentlichungsdatum
17. Januar 2002 (17.01.2002)

PCT

(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 02/05310 A1

(51) Internationale Patentklassifikation⁷: H01J 37/28,
37/18, F04D 19/04

(71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten mit Ausnahme
von US): LEO ELEKTRONENMIKROSKOPIE
GMBH [DE/DE]; 73446 Oberkochen (DE).

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP01/07597

(22) Internationales Anmeldedatum:
3. Juli 2001 (03.07.2001)

(72) Erfinder; und
(75) Erfinder/Anmelder (nur für US): GNAUCK, Peter
[DE/DE]; Glaserstrasse 4, 72764 Reutlingen (DE).
DREXEL, Volker [DE/DE]; Danzigerstrasse 3, 89551
Königsbrunn (DE).

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(74) Anwälte: GNATZIG, Klaus usw.; Carl Zeiss,
Patentabteilung, 73446 Oberkochen (DE).

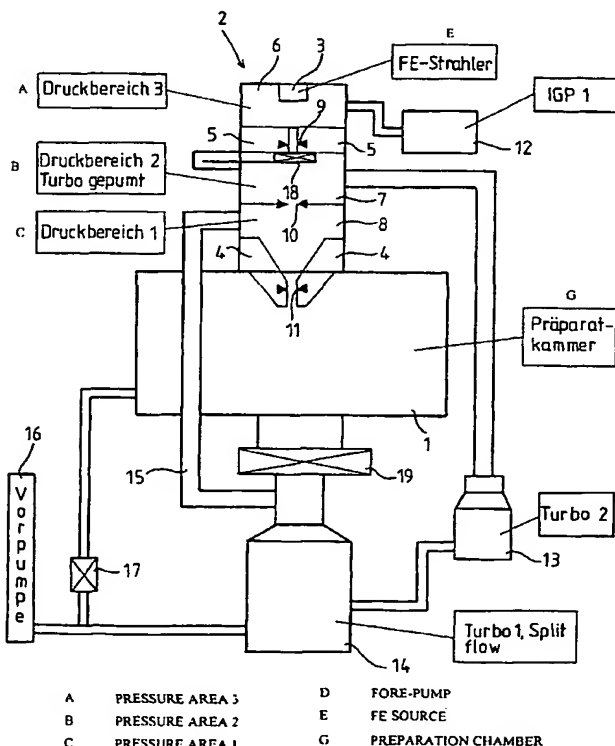
(30) Angaben zur Priorität:
100 32 607.2 7. Juli 2000 (07.07.2000) DE

(81) Bestimmungsstaaten (national): CZ, JP, US.

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

(54) Title: PARTICLE RADIATION DEVICE COMPRISING A PARTICLE SOURCE THAT IS OPERATED IN AN ULTRA-HIGH VACUUM AND A CASCADE PUMP ASSEMBLY FOR A PARTICLE RADIATION DEVICE OF THIS TYPE

(54) Bezeichnung: TEILCHENSTRAHLGERÄT MIT EINER IM ULTRAHOCHVAKUUM ZU BETREIBENDEN TEILCHEN-QUELLE UND KASKADENFÖRMIGE PUMPANORDNUNG FÜR EIN SOLCHES TEILCHENSTRAHLGERÄT



(57) Abstract: The invention relates to a particle radiation device comprising a particle source that is operated in an ultrahigh vacuum and a preparation chamber which can be operated using variable pressures of up to 1 hPa. The inventive particle radiation device has two intermediate pressure areas (7, 8) located between the ultrahigh vacuum area (6) and the preparation chamber (1). The two intermediate pressure areas (7, 8) are purged by means of a pump assembly consisting of a fore-pump (16) and two turbomolecular pumps (13, 14) connected in series, whereby one of the turbomolecular pumps (13) is purged first by the drag phase (24) of the other turbomolecular pump (14). In one example of the invention, the fore-pump (16) is also simultaneously used for evacuating the preparation chamber. In an alternative example, a second fore-pump (20) is provided for evacuating the preparation chamber (1). This assembly allows the ultrahigh vacuum in the ultrahigh vacuum area (6) to be maintained up to pressures of 100 hPa in the preparation chamber (1). The inventive particle radiation device is used in particular as a variable pressure scanning electron microscope (VP-SEM) or as an environmental scanning electron microscope (ESEM).

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]



(84) **Bestimmungsstaaten (regional):** europäisches Patent (AT, BE, CH, CY, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE, TR).

Zur Erklärung der Zweibuchstaben-Codes und der anderen Abkürzungen wird auf die Erklärungen ("Guidance Notes on Codes and Abbreviations") am Anfang jeder regulären Ausgabe der PCT-Gazette verwiesen.

Veröffentlicht:

- mit internationalem Recherchenbericht
- vor Ablauf der für Änderungen der Ansprüche geltenden Frist; Veröffentlichung wird wiederholt, falls Änderungen eintreffen

(57) **Zusammenfassung:** Die vorliegende Erfindung betrifft ein Teilchenstrahlgerät mit einer im Ultrahochvakuum zu betreibenden Teilchenquelle und einer Präparatkammer, die mit variablen Drücken bis 1 hPa betreibbar ist. Das erfindungsgemäße Teilchenstrahlgerät hat zwischen dem Ultrahochvakuumbereich (6) und der Präparatkammer (1) genau zwei Zwischendruckbereiche (7, 8). Beide Zwischendruckbereiche (7, 8) werden mit Hilfe einer seriellen Pumpenanordnung aus einer Vorpumpe (16) und zwei Turbomolekularpumpen (13, 14) evakuiert, wobei eine der Turbomolekularpumpen (13) durch die Drag-Stufe (24) der anderen Turbomolekularpumpe (14) vorgepumpt ist. Bei einem Ausführungsbeispiel der Erfindung dient die Vorpumpe (16) gleichzeitig auch zum Evakuieren der Präparatkammer. Bei einem alternativen Ausführungsbeispiel ist eine zweite Vorpumpe (20) zum Evakuieren der Präparatkammer (1) vorgesehen. Mit dieser Anordnung ist das Ultrahochvakuum im Ultrahochvakuumbereich (6) bis zu Drücken von 100 hPa in der Präparatkammer (1) aufrecht erhaltbar. Das erfindungsgemäße Teilchenstrahlgerät findet insbesondere Anwendung als sogenanntes Variable Pressure SEM (VP-SEM) oder als sogenanntes ESEM.

Beschreibung:

Teilchenstrahlgerät mit einer im Ultrahochvakuum zu betreibenden Teilchenquelle und kaskadenförmige Pumpanordnung für ein solches Teilchenstrahlgerät

Die vorliegende Erfindung betrifft ein Teilchenstrahlgerät mit einer im Ultrahochvakuum zu betreibenden Teilchenquelle sowie eine kaskadenförmige Pumpanordnung für ein entsprechendes Teilchenstrahlgerät.

In der US 5 828 064 ist ein sogenanntes Environmental Scanning Elektronenmikroskop (ESEM) mit einer Feldemissionsquelle beschrieben. Derartige ESEM's erlauben die elektronenmikroskopische Untersuchung von Proben unter normalem Atmosphärendruck oder gegenüber dem normalen Atmosphärendruck nur geringfügig reduziertem Druck. Da andererseits Feldemissionsquellen und auch die häufig als Feldemissionsquellen bezeichneten sogenannten Schottky-Emitter für ihren Betrieb ein Ultrahochvakuum benötigen, ist das gesamte Elektronenmikroskop als differentiell gepumptes System mit drei Zwischendruckstufen aufgebaut. Das Gesamtsystem weist demzufolge fünf Druckbereiche auf, die durch vier Druckstufen oder Druckstufenblenden voneinander getrennt sind. Neben dem Aufwand für die Pumpen resultiert aus dem für die Vakuumanschlüsse der drei Zwischendruckbereiche benötigten Bauraum ein zusätzlicher Bedarf an Bauhöhe, wie dieser allein für die elektronenoptischen Komponenten nicht erforderlich wäre.

Aus der US 4 720 633-A ist ein weiteres ESEM bekannt, bei dem jedoch das Vakuum in der Kammer der Elektronenquelle zu schlecht ist, um das Gerät mit einer Feldemissionsquelle zu betreiben.

Aus der US 5 717 204-A ist ein Elektronenmikroskop für die Inspektion in der Halbleiterfertigung bekannt, bei dem der Ultrahochvakuumbereich und der dem

Ultrahochvakuumbereich benachbarte Zwischendruckbereich durch Ionengetterpumpen evakuiert ist; die Probenkammer und der zur Probenkammer benachbarte Druckbereich sind jeweils durch eine separate Turbomolekularpumpe gepumpt, wobei die beiden Turbomolekularpumpen an die Ansaugseite einer gemeinsamen Vorpumpe angeschlossen sind. Derartige Inspektionsgeräte sind üblicher Weise nicht zum Betrieb mit einem schlechten Vakuum in der Probenkammer konzipiert.

Aus der DE 43 31 589-A1 ist eine kaskadenförmige Pumpanordnung mit hinter einander geschalteten Turbomolekularpumpen bekannt, bei der jeweils der Auslaß einer Turbomolekularpumpe durch den Main Port einer vorgeschalteten Turbomolekularpumpe vorgepumpt ist, wobei die Ansaugseite der vorgeschalteten Turbomolekularpumpe über ein T-Stück gleichzeitig an einen Zwischendruckbereich angeschlossen ist. Durch diese kaskadenförmige Pumpanordnung wird das Vakuum in dem von der vorgeschalteten Turbomolekularpumpe gepumpten Zwischendruckbereich durch den Gasstrom der nächst höheren Vakuumstufe belastet.

Aus der US 4 889 995-A ist ein Rasterelektronenmikroskop bekannt, bei dem eine von einer Rotationspumpe vorgepumpte Turbomolekularpumpe parallel über Ventile sowohl zum Evakuieren der Präparatkammer als auch der Kammer der Elektronenquelle und der Zwischendruckbereiche dient. Zusätzlich sind zur Evakuierung der Kammer der Elektronenquelle und der beiden benachbarten Zwischendruckbereiche Ultrahochvakuumumpen vorgesehen. Mit einer solchen Pumpenanordnung ist ebenfalls ein Betrieb mit schlechtem Vakuum in der Probenkammer nicht möglich.

Aus einem Aufsatz in Japan. J. Appl. Phys. Suppl 2, S 249 ff, (1974) ist ein Elektronenmikroskop mit einer Pumpenanordnung aus ÖL-Diffusionspumpen bekannt. Öldiffusionspumpen sind jedoch wegen ihrer geringen Pumpkapazität bei hohen Drücken ungeeignet für Elektronenmikroskope, bei denen die Präparatkammer mit variierenden Drücken betreibbar sein soll.

Ziel der vorliegenden Erfindung ist es, ein Kopuskularstrahlgerät, insbesondere ein Rasterelektronenmikroskop anzugeben, das trotz variablem Druck in der Probenkammer bis hin zu nahezu Umgebungsdruck und Ultrahochvakuum im Bereich der Teilchenquelle einen vereinfachten Aufbau aufweist. Ein weiteres Ziel der vorliegenden Erfindung ist es, ein Vakuumpumpsystem anzugeben, mit dem ein entsprechend vereinfachter Aufbau eines Korpuskularstrahlgerätes ermöglicht wird.

Diese Ziele werden erfindungsgemäß durch eine Pumpenanordnung mit den Merkmalen des Anspruches 1 und ein Teilchenstrahlgerät mit den Merkmalen des Anspruches 4 erreicht.

Eine erfindungsgemäße kaskadenförmige Pumpenanordnung für ein Teilchenstrahlgerät weist zwei Turbomolekularpumpen auf, von denen die zweite Turbomolekularpumpe zum Vorpumpen des Ausganges der ersten Turbomolekularpumpe dient, wobei der Auslaß der zweiten Turbomolekularpumpe an einen zwischen dem Haupt-Pumpenport und dem Auslaß liegenden Zwischendruckbereich der ersten Turbomolekularpumpe angeschlossen ist.

Die erste Turbomolekularpumpe kann dabei eine sogenannte Split-Flow Pumpe sein, die einen zusätzlichen Pumpenport aufweist, der im Bereich der Drag-Stufe der Turbomolekularpumpe liegt. Dieser Drag-Stufen Pumpenport wird dann vorzugsweise zum Vorpumpen der zweiten Turbomolekularpumpe verwendet.

Als Drag-Stufe wird dabei üblicher Weise eine in Turbomolekularpumpen häufig eingesetzte Anordnung aus um einen Stator rotierenden Scheiben mit einer Erhöhung und einem Loch im Randbereich bezeichnet, die ausgangsseitig des letzten Rotorblattes der Turbomolekularpumpe angeordnet ist und zur zusätzlichen Kompression des gepumpten Gases dienen.

Das Vorpumpen einer Turbomolekularpumpe durch das Vorvakuum eines Zwischendruckbereich, z.B. des Drag-Stufen Pumpenports, einer vorpumpenden Turbomolekularpumpe liefert den Vorteil, daß der Bereich des Haupt-Pumpenports nicht durch den Gasfluß der vorgepumpten Turbomolekularpumpe belastet wird. Dadurch läßt sich trotz der Doppelfunktion der vorpumpenden Turbomolekularpumpe ein besseres Vakuum in dem vom Haupt-Pumpenport evakuierten Bereich erzielen.

Das Teilchenstrahlgerät mit einer entsprechenden kaskadenförmigen Pumpanordnung weist eine im Ultrahochvakuum zu betreibende Teilchenquelle und eine Präparatkammer auf, die mit Drücken vom Hochvakuumbereich mit Drücken unter 10^{-3} hPa bis mindestens 1 hPa (Hektopascal) betreibbar ist. Zwischen dem Ultrahochvakuumbereich der Teilchenquelle und der Probenkammer sind beim erfindungsgemäßen Teilchenstrahlgerät genau zwei weitere Druckbereiche vorgesehen.

Das Teilchenstrahlgerät weist demgemäß genau vier Druckbereiche auf, nämlich den Ultrahochvakuumbereich, in dem die Teilchenquelle angeordnet ist, zwei Zwischendruckbereiche und die Präparatkammer. Insgesamt ergeben sich damit beim erfindungsgemäßen Teilchenstrahlgerät drei Druckstufen, für die drei Druckstufenblenden insgesamt erforderlich sind.

Um mit nur drei Druckstufen auszukommen, ist der dem Ultrahochvakuumbereich benachbarte Druckbereich über eine Turbomolekularpumpe gepumpt. Weiterhin ist der Auslaß dieser Turbomolekularpumpe durch eine vorgeschaltete Turbomolekularpumpe vorgepumpt, wobei der Auslaß der Turbomolekularpumpe an die Drag-Stufe der vorgeschalteten Turbomolekularpumpe angeschlossen ist. Durch diese Pumpenanordnung wird der Druck in dem dem Ultrahochvakuumbereich benachbarten Druckbereich auf Werte größer 10^{-6} hPa gehalten.

Bei einem weiterhin vorteilhaften Ausführungsbeispiel ist der Haupt-Pumpenport der ersten Turbomolekularpumpe an den der Probenkammer benachbarten Druckbereich

angeschlossen ist. Die erste Turbomolekularpumpe kann dadurch eine Doppelfunktion erfüllen, nämlich gleichzeitig den Auslaß der zweiten Turbomolekularpumpe vorpumpen und außerdem den der Probenkammer benachbarten Druckbereich evakuieren.

Weiterhin vorzugsweise ist eine Vorpumpe vorgesehen, durch die der Auslaß der ersten Turbomolekularpumpe vorgepumpt ist. Diese Vorpumpe kann zusätzlich dazu dienen, die Präparatkammer auf den gewünschten Druck zu evakuieren. Soweit das Teilchenstrahlgerät auch bei Drücken oberhalb 5 hPa in der Probenkammer betreibbar sein soll, empfiehlt sich jedoch eine zweite Vorpumpe zur Evakuierung der Präparatkammer vorzusehen, so daß die erste Vorpumpe ausschließlich den Auslaß der ersten Turbomolekularpumpe vorpumpt.

Nachfolgend werden Einzelheiten der Erfindung anhand der in den Figuren beschriebenen Ausführungsbeispiele näher erläutert. Im einzelnen zeigen:

Figur 1: Eine Prinzipskizze eines ersten Ausführungsbeispiels der Erfindung für geringere Kammerdrücke und

Figur 2: eine Prinzipskizze eines zweiten Ausführungsbeispiels der Erfindung für höhere Kammerdrücke.

In der Figur 1 ist mit (1) die Präparatkammer und mit (2) die elektronenoptische Säule des Teilchenstrahlgerätes bezeichnet. Die elektronenoptische Säule (2) weist drei Druckbereiche (6), (7), (8) auf, die jeweils durch Druckstufenblenden (9), (10), (11) voneinander getrennt sind. Der – geometrisch gesehen – oberste Druckbereich (6) der elektronenoptischen Säule (2) ist für die Aufrechterhaltung eines Ultrahochvakuum mit einem Druck kleiner 5×10^{-8} hPa ausgelegt. Dieser Ultrahochvakuumbereich wird über eine Ionengetterpumpe (12) evakuiert. In diesem Ultrahochvakuumbereich ist die Teilchenquelle (3) in Form einer Feldemissionsquelle bzw. eines Schottky-Emitters angeordnet.

Zwischen dem Ultrahochvakuumbereich (6) und dem zu diesem benachbarten Zwischendruckbereich (7) ist der Kondensor (5) des Teilchenstrahlgerätes angeordnet, von dem in der Figur 1 nur die Polschuhe angedeutet sind. Etwa in Höhe des oder – in Ausbreitungsrichtung der Elektronen gesehen – hinter dem Polschuhspalt der Kondensorlinse (5) ist die Druckstufenblende (9) angeordnet, die für die Aufrechterhaltung eines geeigneten Druckunterschiedes zwischen dem Ultrahochvakuumbereich (6) und dem zu diesem benachbarten Zwischendruckbereich (7) gewährleistet.

Auf den ersten Zwischendruckbereich (7) folgt ein zweiter Zwischendruckbereich (8), der von dem ersten Zwischendruckbereich (7) durch eine zweite Druckstufenblende (10) getrennt ist. Zwischen diesem zweiten Zwischendruckbereich (8) und der Präparatkammer ist die Objektivlinse (4) des Teilchenstrahlgerätes angeordnet, von der in der Figur 1 ebenfalls nur die Polschuhe angedeutet sind. Zwischen oder – in Ausbreitungsrichtung der Elektronen gesehen – vor den Polschuhen der Objektivlinse (4) ist die dritte Druckstufenblende (11) angeordnet, die einen geeigneten Druckunterschied zwischen dem zweiten Zwischendruckbereich (8) und der Präparatkammer (1) sicherstellt.

Für die Einstellung geeigneter Vakuumbedingungen ist beim Ausführungsbeispiel der Figur 1 neben der Ionengetterpumpe (12) für den Ultrahochvakuumbereich (6) eine kaskadenförmige Pumpenanordnung aus einer Vorpumpe (16) und zwei teilweise ebenfalls seriell geschalteten Turbomolekularpumpen (13), (14) vorgesehen. Die Vorpumpe (16) erfüllt dabei eine Doppelfunktion. Die Vorpumpe (16) dient einerseits zum Evakuieren der Präparatkammer (1) direkt über eine separate Rohrverbindung und gleichzeitig zum Abpumpen des Ausganges (25) der ersten Turbomolekularpumpe (14). Die Evakuierung der Präparatkammer (1) ist dabei über ein Ventil (17) in der Rohrverbindung regelbar. Der Druck in der Präparatkammer ist über ein nicht dargestelltes, regelbares Gaseinlaßventil einstellbar.

Die erste Turbomolekularpumpe (14) ist als leistungsstarke sogenannte Split-Flow-Pumpe ausgelegt und erfüllt eine Dreifachfunktion. Der Ansaugstutzen des Haupt-Pumpenports

(21) ist über eine Rohrleitung (15) direkt an den zur Präparatkammer (1) benachbarten Zwischendruckbereich (8) angeflanscht und sorgt dadurch für eine direkte Evakuierung dieses Zwischendruckbereiches. Gleichzeitig ist der Ansaugstutzen des Haupt-Pumpenports (21) über ein zweites Ventil (19) unmittelbar an die Präparatkammer (1) angeflanscht. Der Ansaugstutzen des Drag-Stufen Ports (22) der ersten Turbomolekularpumpe (14) ist weiterhin an den Auslaß der zweiten Turbomolekularpumpe (13) angeschlossen, so daß die erste Turbomolekularpumpe (14) zusätzlich zur Evakuierung des der Probenkammer (1) benachbarten Zwischendruckbereiches (8) zum Vorpumpen der zweiten Turbomolekularpumpe (13) über den Drag-Stufen Port (22) dient. Der Ansaugstutzen (23) der zweiten Turbomolekularpumpe (13) ist an den zum Ultrahochvakuumbereich (6) benachbarten Zwischendruckbereich (7) direkt angeschlossen.

Soweit vorstehend oder nachfolgend von einem direkten Anschluß einer Vakuumpumpe an einen Druckbereich gesprochen ist, ist damit gemeint, daß die durch diese Pumpe erfolgende Evakuierung des betreffenden Druckbereiches direkt erfolgt, also ohne daß die von dieser Pumpe abgepumpten Gasmoleküle zwischen dem betreffenden Druckbereich und dem Ansaugstutzen der Pumpe eine Druckstufenblende passieren müssen.

Das vorstehend beschriebene Vakuumsystem ist ein differentiell gepumptes Vakuumsystem mit insgesamt vier Druckbereichen.

Mit der beschriebenen kaskadenförmigen, seriell geschalteten Pumpanordnung läßt sich mit Hilfe einer einzigen Ionengetterpumpe (12), den zwei Turbomolekularpumpen (13), (14) und einer einzigen Vorpumpe (16) ein Ultrahochvakuum mit Drücken kleiner 5×10^{-8} hPa in der Ultrahochvakuumkammer (6) bei Drücken zwischen 5 hPa und 10^{-7} hPa in der Präparatkammer (1) aufrechterhalten. Bei gewünschten Drücken in der Präparatkammer (1) zwischen 10^{-2} hPa und 5 hPa ist dabei das Ventil (17) zwischen der Vorpumpe (16) und der Präparatkammer (1) geöffnet und das zweite Ventil (19) zwischen der ersten Turbomolekularpumpe (14) und der Präparatkammer (1) geschlossen. Das Vakuum in der

Präparatkammer (1) ist dann ausschließlich durch das mit der Vorpumpe (16) erreichbare bzw. an dieser eingeregelter Vakuum bestimmt. Durch das Vorpumpen des Auslasses (26) der zweiten Turbomolekularpumpe durch das Vorvakuum der Drag-Stufe (24) der ersten Turbomolekularpumpe (14) und dadurch, daß die nahezu komplette Pumpleistung der ersten Turbomolekularpumpe (14) ausschließlich zum Pumpen des der Präparatkammer benachbarten Zwischendruckbereiches (8) dient, wird sicher gestellt, daß in dem dem Ultrahochvakuumbereich benachbarten Zwischendruckbereich (7) ein Vakuum zwischen 10^{-4} und 10^{-6} hPa aufrechterhalten wird.

Bei Drücken unter 10^{-2} hPa in der Präparatkammer (1), die mit der Vorpumpe (16) nicht erreichbar sind, wird das erste Ventil (17) zwischen der Vorpumpe (16) und der Präparatkammer (1) geschlossen und das zweite Ventil (19) zwischen der Präparatkammer (1) und der ersten Turbomolekularpumpe (14) geöffnet. Die Vorpumpe (16) dient dann ausschließlich zum Vorpumpen der ersten Turbomolekularpumpe (14). Sowohl die Präparatkammer (1) als auch der der Präparatkammer (1) benachbarte Zwischendruckbereich (8) werden dann durch die erste Turbomolekularpumpe (14) direkt gepumpt. Die in der Objektivlinse (4) angeordnete Druckstufenblende (11) ist in diesem Fall ohne Wirkung. Durch die mit der ersten Turbomolekularpumpe (14) vorgepumpte zweite Turbomolekularpumpe (13) wird auch in diesem Fall in dem dem Ultrahochvakuumbereich (6) benachbarten Zwischendruckbereich (7) ein Vakuum zwischen 10^{-4} und 10^{-6} hPa aufrechterhalten.

In beiden Fällen liegt das Vorvakuum der Drag-Stufe (24) der ersten Turbomolekularpumpe, durch das die zweite Turbomolekularpumpe (13) vorgepumpt wird, in einem Bereich zwischen 10^{-1} hPa und 10^{-4} hPa.

Damit bei dem beschriebenen Ausführungsbeispiel auch beim Öffnen der Präparatkammer (1) das Ultrahochvakuum im Ultrahochvakuumbereich (6) aufrechterhalten wird, ist innerhalb der elektronenoptischen Säule, vorzugsweise zwischen dem

Ultrahochvakuumbereich und dem dem Ultrahochvakuumbereich benachbarten Druckbereich (7) ein Absperrventil (18) vorgesehen, das vor dem Öffnen der Präparatkammer (1) geschlossen wird. Die Vorpumpe (16) und die beiden Turbomolekularpumpen (13), (14) können dadurch beim Öffnen der Präparatkammer (1) außer Betrieb gesetzt werden.

Das in der Figur 2 dargestellte Ausführungsbeispiel entspricht im wesentlichen dem Ausführungsbeispiel in Figur 1. Demzufolge sind in der Figur 2 diejenigen Komponenten, die denen des Ausführungsbeispiels nach Figur 1 entsprechen, mit identischen Bezugszeichen versehen. Soweit beide Ausführungsbeispiele übereinstimmen, wird bzgl. Figur 2 auf die vorstehende Beschreibung der Figur 1 verwiesen.

Der wesentliche Unterschied zwischen dem Ausführungsbeispiel nach Figur 2 und dem nach Figur 1 besteht darin, daß die Vorpumpe (16) beim Ausführungsbeispiel nach Figur 2 ausschließlich zum Vorpumpen der ersten Turbomolekularpumpe (14) dient, deren vorvakuumseitige Dragstufe (24) wiederum zum Vorpumpen der zweiten Turbomolekularpumpe (13) dient. Zum Evakuieren der Präparatkammer (1) ist eine zweite Vorpumpe (20) vorgesehen, deren Pumpleistung wiederum über ein erstes Ventil (17') regelbar ist. Mit dieser alternativen Pumpenanordnung mit einer zweiten Vorpumpe (20) ist das Teilchenstrahlgerät unter Aufrechterhaltung des Ultrahochvakuums im Ultrahochvakuumbereich (6) auch bei Drücken in der Präparatkammer bis 100 hPa einsetzbar. Bei Kammerdrücken unter 10^{-2} hPa in der Präparatkammer (1) wird sowohl die Präparatkammer (1) als auch der der Präparatkammer (1) benachbarte Zwischendruckbereich (8) ausschließlich über die erste Turbomolekularpumpe gepumpt. In diesem Fall ist das erste Ventil (17') zwischen der zweiten Vorpumpe (20) und der Präparatkammer (1) geschlossen und das zweite Ventil (19) zwischen der ersten Turbomolekularpumpe (14) und der Präparatkammer (1) geöffnet. Bei Drücken zwischen 10^{-2} und 100 hPa ist demhingegen das erste Ventil (17') geöffnet, so daß die Präparatkammer (1) durch die zweite Vorpumpe (20) evakuiert wird, und das zweite Ventil (19) geschlossen. Der aufgrund der höheren Kammerdrücke stärkere Gasstrom zwischen

der Präparatkammer und der der Präparatkammer (1) benachbarten Zwischendruckkammer (8) wird bei diesem Ausführungsbeispiel dadurch abgefangen, daß die erste Vorpumpe (16) ausschließlich zum Vorpumpen der ersten Turbomolekularpumpe (14) dient, die dadurch eine entsprechend erhöhte Förderleistung erhält. Auch in diesem Fall gewährleistet die durch die Drag-Stufe (24) der ersten Turbomolekularpumpe (14) mit einem Vorvakuum im Bereich zwischen 10^{-1} hPa und 10^{-4} hPa vorgepumpte zweite Turbomolekularpumpe (13) die Aufrechterhaltung eines Vakuums zwischen 10^{-5} und 10^{-6} hPa in dem an den Ultrahochvakuumbereich (6) angrenzenden Zwischendruckbereich (7).

Bei dem in der Figur 2 dargestellten Ausführungsbeispiel wird zwischen dem Ultrahochvakuumbereich (6) und der Präparatkammer eine Druckdifferenz von bis zu 10 Größenordnungen, also von 10^{10} hPa über nur zwei Zwischendruckbereiche aufrecht erhalten.

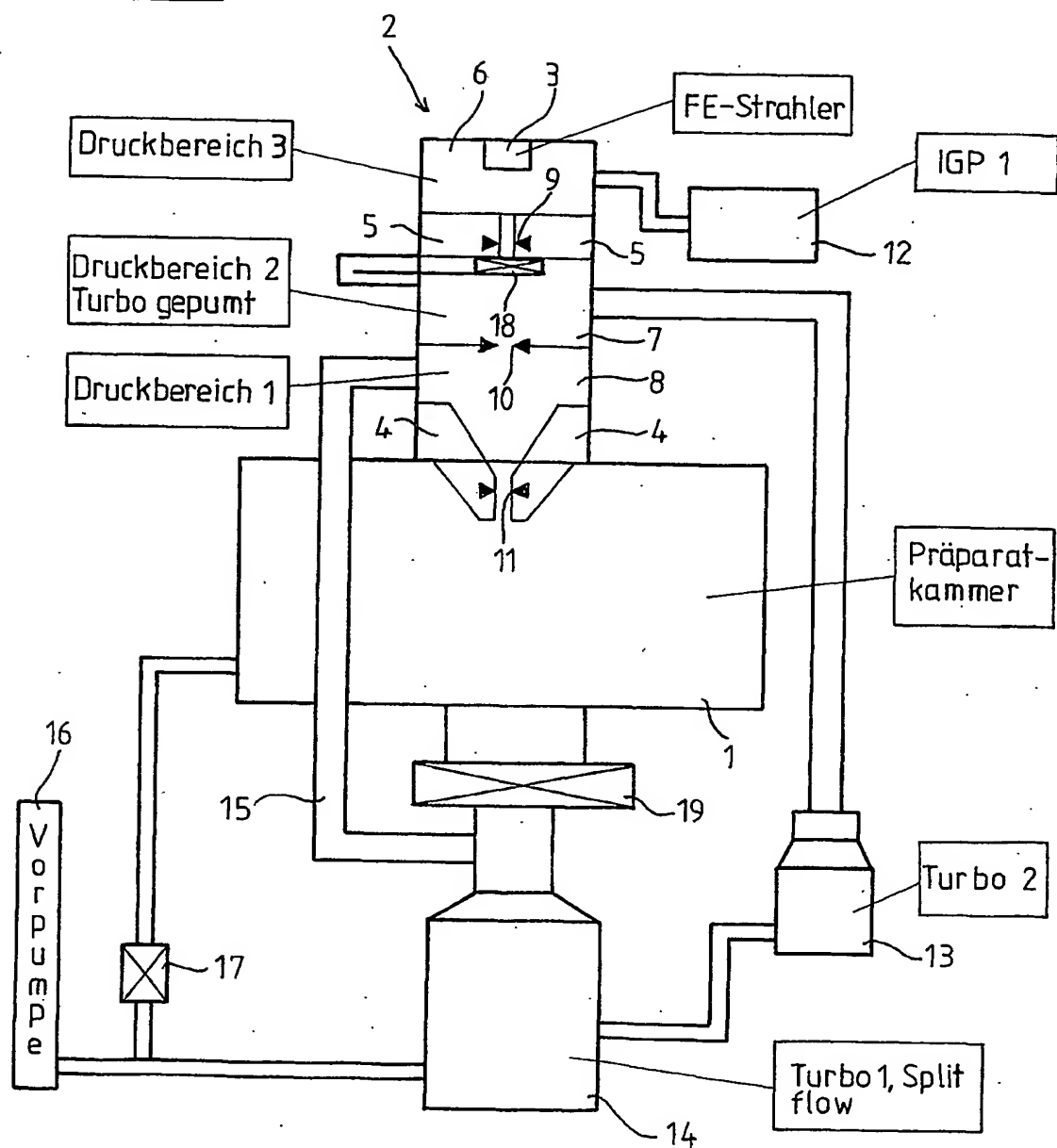
Grundsätzlich denkbar wäre es auch, wie beim zitierten Stand der Technik, auch den an den Ultrahochvakuumbereich angrenzenden Zwischendruckbereich (7) mittels einer zweiten Ionengetterpumpe zu evakuieren. In diesem Fall wäre dann der an die Präparatkammer (1) angrenzende Zwischendruckbereich mittels einer durch die Drag-Stufe einer Turbomolekularpumpe vorgepumpten Turbomolekularpumpen zu evakuieren. Die zweite Ionengetterpumpe müßte dann jedoch mit sehr hoher Pumpleistung ausgelegt sein, wodurch wiederum wegen der größeren Abmessungen der Ionengetterpumpe eine größere Bauhöhe der elektronenoptischen Säule resultieren würde.

Patentansprüche:

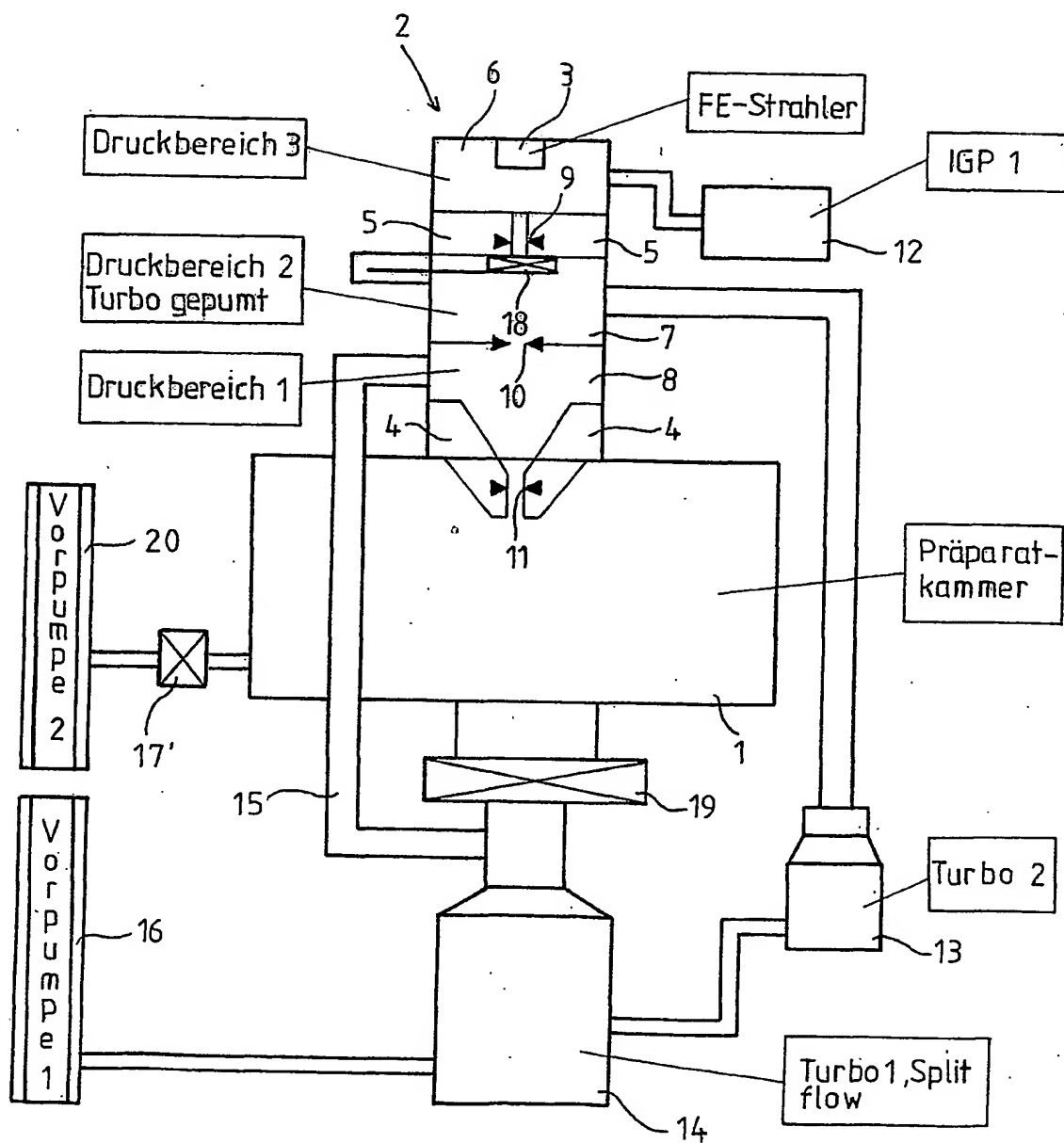
1. Kaskadenförmige Pumpanordnung für ein Teilchenstrahlgerät mit einer ersten und einer zweiten Turbomolekularpumpen (13, 14), wobei der Auslaß (26) der zweiten Turbomolekularpumpe (13) durch einen zwischen dem Haupt-Pumpenport (21) und dem Auslaß (25) der ersten Turbomolekularpumpe (14) liegenden Zwischendruckbereich (24) vorgepumpt ist.
2. Kaskadenförmige Pumpanordnung nach Anspruch 1, wobei die erste Turbomolekularpumpe (14) eine Split-Flow-Pumpe mit einem Anschlußstutzen (22) an der Drag-Stufe (24) ist und der Auslaß (26) der zweiten Turbomolekularpumpe (13) an die Drag-Stufe (24) der ersten Turbomolekularpumpe (14) angeschlossen ist.
3. Pumpenanordnung nach Anspruch 1 oder 2, wobei eine weitere Vorpumpe (16) zum Vorpumpen des Auslasses (25) der ersten Turbomolekularpumpe (14) vorgesehen ist.
4. Teilchenstrahlgerät, das eine im Ultrahochvakuum zu betreibende Teilchenquelle (3) und eine Präparatkammer (1) aufweist, die mit Drücken vom Hochvakuum mindestens bis zu 1 hPa betreibbar ist, und wobei eine kaskadenförmige Pumpanordnung nach einem der Ansprüche 1 - 3 vorgesehen ist.
5. Teilchenstrahlgerät nach Anspruch 4, wobei zwischen dem Ultrahochvakuumbereich (6) der Teilchenquelle und der Probenkammer (1) genau zwei weitere Zwischendruckbereiche (7), (8) vorgesehen sind.
6. Teilchenstrahlgerät nach einem der Ansprüche 4 - 5, wobei der dem Ultrahochvakuumbereich (6) benachbarte Druckbereich mittels der zweiten Turbomolekularpumpe (13) gepumpt ist.

7. Teilchenstrahlgerät nach einem der Ansprüche 4 - 6, wobei die erste Turbomolekularpumpe (14) über den Haupt-Pumpenport (21) gleichzeitig direkt an den der Präparatkammer (1) benachbarten Druckbereich (8) angeschlossen ist.
8. Teilchenstrahlgerät nach Anspruch 7, wobei die Vorpumpe (16) über ein Ventil (17) direkt an die Präparatkammer (1) angeschlossen ist.
9. Teilchenstrahlgerät nach einem der Ansprüche 4 bis 8, wobei die erste Turbomolekularpumpe (14) zusätzlich über ein weiteres Ventil (19) direkt an die Präparatkammer (1) angeschlossen ist.
10. Teilchenstrahlgerät nach einem der Ansprüche 8 - 9, wobei eine zweite Vorpumpe (20) vorgesehen und an die Präparatkammer (1) angeschlossen ist.
11. Teilchenstrahlgerät nach einem der Ansprüche 4 bis 10, wobei eine Ionengetterpumpe (12) zum Evakuieren des Ultrahochvakuumbereiches (6) vorgesehen ist.

1/2

FIG. 1

2/2

FIG.2

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No
PCT/EP 01/07597

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
IPC 7 H01J37/28 H01J37/18 F04D19/04

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)
IPC 7 H01J F04D

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)

EPO-Internal, PAJ, WPI Data

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	US 5 828 064 A (KNOWLES W RALPH) 27 October 1998 (1998-10-27) cited in the application abstract; figure 3 ---	1
A	US 5 733 104 A (GANSCHOW OTTO ET AL) 31 March 1998 (1998-03-31) column 5 -column 6; figures 6-8 ---	1
A	US 4 651 171 A (TARNOWSKI ANDREW A) 17 March 1987 (1987-03-17) figure 1 ---	1
A	US 6 030 189 A (BOHM THOMAS ET AL) 29 February 2000 (2000-02-29) column 2, line 25 - line 29 ---	1
	-/--	

☒ Further documents are listed in the continuation of box C.

☒ Patent family members are listed in annex.

* Special categories of cited documents :

- *A* document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
- *E* earlier document but published on or after the international filing date
- *L* document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
- *O* document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
- *P* document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

- *T* later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
- *X* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
- *Y* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art.
- * & * document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

15 November 2001

Date of mailing of the international search report

21/11/2001

Name and mailing address of the ISA

European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,
Fax: (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Oestreich, S

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No

PCT/EP 01/07597

C.(Continuation) DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
P, A	WO 00 46508 A (VARIAN INC) 10 August 2000 (2000-08-10) abstract; figure 1 ----	1
A	EP 0 643 227 A (BOC GROUP PLC) 15 March 1995 (1995-03-15) abstract -----	1

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International Application No

PCT/EP 01/07597

Patent document cited in search report		Publication date		Patent family member(s)	Publication date
US 5828064	A	27-10-1998	EP	0786145 A1	30-07-1997
			WO	9707525 A1	27-02-1997
US 5733104	A	31-03-1998	DE	4331589 A1	30-06-1994
			EP	0603694 A1	29-06-1994
			JP	6280785 A	04-10-1994
US 4651171	A	17-03-1987	CA	1253196 A1	25-04-1989
			DE	3665378 D1	05-10-1989
			EP	0199575 A2	29-10-1986
US 6030189	A	29-02-2000	DE	29516599 U1	07-12-1995
			WO	9715760 A1	01-05-1997
			EP	0856108 A1	05-08-1998
			JP	11513775 T	24-11-1999
WO 0046508	A	10-08-2000	US	6193461 B1	27-02-2001
			EP	1068456 A1	17-01-2001
			WO	0046508 A1	10-08-2000
EP 0643227	A	15-03-1995	EP	0643227 A1	15-03-1995
			JP	7151092 A	13-06-1995
			US	5611660 A	18-03-1997

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

In tionales Akterzelchen

PC/EP 01/07597

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES IPK 7 H01J37/28 H01J37/18 F04D19/04		
Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPK) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPK		
B. RECHERCHIERTE GEBIETE Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole) IPK 7 H01J F04D		
Recherchierte aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen		
Während der Internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe) EPO-Internal, PAJ, WPI Data		
C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN		
Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
A	US 5 828 064 A (KNOWLES W RALPH) 27. Oktober 1998 (1998-10-27) in der Anmeldung erwähnt Zusammenfassung; Abbildung 3 ---	1
A	US 5 733 104 A (GANSCHOW OTTO ET AL) 31. März 1998 (1998-03-31) Spalte 5 -Spalte 6; Abbildungen 6-8 ---	1
A	US 4 651 171 A (TARNOWSKI ANDREW A) 17. März 1987 (1987-03-17) Abbildung 1 ---	1
A	US 6 030 189 A (BOHM THOMAS ET AL) 29. Februar 2000 (2000-02-29) Spalte 2, Zeile 25 - Zeile 29 ---	1
-/--		
<input checked="" type="checkbox"/> Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen <input checked="" type="checkbox"/> Siehe Anhang Patentfamilie		
* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen : *A* Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist *E* älteres Dokument, das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist *L* Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt) *O* Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht *P* Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist *T* Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist *X* Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden *Y* Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren anderen Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann nahelegend ist *Z* Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist		
Datum des Abschlusses der internationalen Recherche 15. November 2001		Absendedatum des internationalen Recherchenberichts 21/11/2001
Name und Postanschrift der Internationalen Recherchenbehörde Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl, Fax: (+31-70) 340-3016		Bevollmächtigter Bediensteter Oestreich, S

C.(Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
P,A	WO 00 46508 A (VARIAN INC) 10. August 2000 (2000-08-10) Zusammenfassung; Abbildung 1 ---	1
A	EP 0 643 227 A (BOC GROUP PLC) 15. März 1995 (1995-03-15) Zusammenfassung -----	1

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichung

Angaben zu Patentfamilien, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP 01/07597

Im Recherchenbericht angeführtes Patentedokument		Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
US 5828064	A	27-10-1998	EP 0786145 A1	30-07-1997
			WO 9707525 A1	27-02-1997
US 5733104	A	31-03-1998	DE 4331589 A1	30-06-1994
			EP 0603694 A1	29-06-1994
			JP 6280785 A	04-10-1994
US 4651171	A	17-03-1987	CA 1253196 A1	25-04-1989
			DE 3665378 D1	05-10-1989
			EP 0199575 A2	29-10-1986
US 6030189	A	29-02-2000	DE 29516599 U1	07-12-1995
			WO 9715760 A1	01-05-1997
			EP 0856108 A1	05-08-1998
			JP 11513775 T	24-11-1999
WO 0046508	A	10-08-2000	US 6193461 B1	27-02-2001
			EP 1068456 A1	17-01-2001
			WO 0046508 A1	10-08-2000
EP 0643227	A	15-03-1995	EP 0643227 A1	15-03-1995
			JP 7151092 A	13-06-1995
			US 5611660 A	18-03-1997